

EUROPEAN PATENT OFFICE

Patent Abstracts of Japan

PUBLICATION NUMBER : 07318797
PUBLICATION DATE : 08-12-95

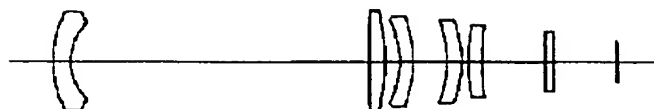
APPLICATION DATE : 27-05-94
APPLICATION NUMBER : 06115326

APPLICANT : MINOLTA CO LTD;

INVENTOR : NAKAGAWA TOMOKO;

INT.CL. : G02B 13/14

TITLE : LENS FOR INFRARED RAY



ABSTRACT : PURPOSE: To obtain a high-performance and low-cost lens having a sufficient back focus even at a wide angle of view of $\geq 40^\circ$ by forming the lens of retrofocus constitution consisting of a negative first component and a positive second component and forming so the lens as to satisfy specific conditions.

CONSTITUTION: This lens for IR rays is composed of an optical material to allow transmission of IR rays and is arranged, successively from the object side, the first component having a negative refracting power and the second component having a positive refracting power to the lens constitution arranged with a cooled full-aperture diaphragm behind the second component. Further, relation between the back focus and the focal length of the entire system and the shape of mainly the object side face on the extremely object side are so set as to satisfy the following two conditions:
 $4.5 < d/(f \cdot \tan \omega) < 7.5$, $0.021 < f/(n_l \cdot FNO \cdot r_l) < 0.060$. Here, (d) denotes the back focus (air equiv. length); (f) denotes the focal length of the entire system; ω denotes a half angle of view; n_l denotes the refractive index of the lens on the extreme object side; r_l denotes the radius of curvature of the object side face of the lens on the extreme object side; FNO denotes an F number.

COPYRIGHT: (C)1995,JPO

BEST AVAILABLE COPY

THIS PAGE BLANK (USPTO)

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平7-318797

(43) 公開日 平成7年(1995)12月8日

(51) Int.Cl.⁶

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

G 0 2 B 13/14

審査請求 未請求 請求項の数 2 O L (全 8 頁)

(21) 出願番号 特願平6-115326

(22) 出願日 平成6年(1994)5月27日

(71) 出願人 000000079

ミノルタ株式会社

大阪府大阪市中央区安土町二丁目3番13号

大阪国際ビル

(72) 発明者 清水 佳志

大阪府大阪市中央区安土町二丁目3番13号 大阪

国際ビル ミノルタカメラ株式会社内

(72) 発明者 中川 朋子

大阪府大阪市中央区安土町二丁目3番13号 大阪

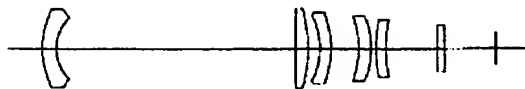
国際ビル ミノルタカメラ株式会社内

(54) 【発明の名称】 赤外線用レンズ

(57) 【要約】

【目的】 画角が40°以上の広画角においても、十分なバックフォーカスを有する高性能で低価格の赤外線用レンズを提供する。

【構成】 赤外線を透過する光学材料によって構成され、物体側より順に、負の屈折力を有する第1成分と正の屈折力を有する第2成分を配置するとともに、冷却された開口絞りを第2成分後方に配置するレンズ構成とし、さらに、バックフォーカスと全系の焦点距離との関係、及び、主に最も物体側のレンズの物体側面の形状を適切に規定した。



【特許請求の範囲】

【請求項1】赤外線を透過する光学材料によって構成され、物体側より順に、負の屈折力を有する第1成分と正の屈折力を有する第2成分を配置するとともに、冷却された開口絞りを第2成分後方に配置し、さらに、以下の条件を満足することを特徴とする赤外線用レンズ；

$$4.5 < d / (f \cdot \tan \omega) < 7.5$$

$$0.021 < f / (n1 \cdot FN0 \cdot r1) < 0.060$$

ただし、

d : バックフォーカス (空気換算長)、

f : 全系の焦点距離、

ω : 半画角、

n1 : 最も物体側のレンズの屈折率、

r1 : 最も物体側のレンズの物体側面の曲率半径、

FN0 : Fナンバー、

である。

【請求項2】前記第1成分の屈折力と前記第2成分の屈折力が、以下の条件を満足することを特徴とする請求項1に記載の赤外線用レンズ；

$$-1.3 < (\phi1 / \phi2) \tan \omega < -0.25$$

ただし、

$\phi1$: 第1成分の屈折力、

$\phi2$: 第2成分の屈折力、

である。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、赤外線撮像装置等に用いる赤外線用レンズに関するものであり、特に画角が40°を越える広角の赤外線用レンズに関する。

【0002】

【従来の技術】最近の赤外線撮像装置は、2次元撮像素子の実用化、素子の高集積化などにより、小型化、高性能化、低価格化が進み、その応用分野は、工業用、医療用から夜間監視用等へと大きく広がってきた。特に夜間監視用等として使用される場合、より広い撮影範囲が得られるよう撮影両角の大きい広角レンズの提供が望まれている。

【0003】両角が40°を越える赤外線用レンズを開示したものとしては、例えば特開昭52-37444号公報、特開昭61-219015号公報が知られている。

【0004】赤外線撮像装置は、物体がその温度に応じて放射している赤外線を検出して熱映像として出力する装置である。ところが、撮像光学系を構成しているレンズ鏡筒や開口絞りなども赤外線を放射している。このため、装置自身が雑音となり、S/N比の低下を招く原因となることがある。これらの雑音は、特開昭64-88414号公報に記載されているように、冷却した開口絞りをレンズ最終面の後方に配置することによって防ぐことができる。ここで、レンズ最終面とは撮像素子直前に

置かれるフィルター等の平板を除いたレンズ系の最終面である。

【0005】ところで、前記2件の公報で開示された広両角の赤外線用レンズは、バックフォーカスが不十分なため、レンズ最終面の後方に冷却された開口絞りを配置し、かつ、画面の周辺部まで光量を確保することは不可能である。

【0006】また、広両角で、かつ、レンズ最終面の後方に冷却された開口絞りを配置するに十分なバックフォーカスを持つ赤外線用レンズとして、特開平4-356008号公報に記載のレンズが知られている。しかし、このレンズは、周辺部の光量を確保するためにリレーレンズ系を採用しており、レンズ枚数が8枚と多い。赤外線用レンズで用いられる光学材料は非常に高価であるため、レンズ枚数が多いとコストアップを招くことになる。さらには透過率の低下にもつながる。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】本発明は、上記の事情を考慮し、画角が40°以上の広両角においても、十分なバックフォーカスを有する高性能で低価格の赤外線用レンズを提供することを目的とする。

【0008】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するために、本発明は、赤外線を透過する光学材料によって構成され、物体側より順に、負の屈折力を有する第1成分と正の屈折力を有する第2成分を配置するとともに、冷却された開口絞りを第2成分後方に配置するレンズ構成とし、さらに、バックフォーカスと全系の焦点距離との関係、及び、主に最も物体側のレンズの物体側面の形状を適切に規定したことを特徴とする。

【0009】

【作用】負の第1成分と正の第2成分によるレトロフォーカス構成により、広両角でも十分なバックフォーカスが得られ、また、主に最も物体側のレンズの物体側面の形状の適切な規定により、レトロフォーカス構成で発生しやすいゴーストの光量が減少する。

【0010】

【実施例】本発明の赤外線用レンズは、赤外線を透過する光学材料によって構成され、物体側より順に、負の屈折力を有する第1成分と正の屈折力を有する第2成分を配置するとともに、冷却された開口絞りを第2成分後方に配置し、さらに、以下の条件を満足することを特徴とする。

【0011】

$$(1) \quad 4.5 < d / (f \cdot \tan \omega) < 7.5$$

$$(2) \quad 0.021 < f / (n1 \cdot FN0 \cdot r1) < 0.060$$

ただし、

d : バックフォーカス (空気換算長)、

f : 全系の焦点距離、

ω : 半画角、

$n1$: 最も物体側のレンズの屈折率、

$r1$: 最も物体側のレンズの物体側面の曲率半径、

FNO : Fナンバー、

である。

【0012】赤外線撮像装置等に用いられる赤外線用レンズは、「従来の技術」の項で記載したとおり、冷却された開口絞りをレンズ最終面（最も像側のレンズの像側面）の後方に配置することにより、レンズ鏡胴や開口絞りから放射される赤外線の影響を、無視できる程度に押さえることができる。

【0013】上記条件式（1）は冷却された開口絞りをレンズ最終面の後方に配置する空間を確保するとともに、画面の周辺部においても十分な光量を確保するために必要なバックフォーカスを限定するものである。ここでのバックフォーカスとは、レンズ最終面と像面の距離であり、レンズ最終面と像面の間に挿入されるフィルター等の板厚を空気換算したものに空気間隔を加えたものである。

【0014】条件式（1）の下限を越えると開口絞りと像面の距離が近くなり、画面の中心部と周辺部において、撮像素子に入射する光線の角度差が大きくなる。この様子を示したのが図1である。像面と開口絞りの距離が近くなると周辺部での光線の角度 α が大きくなり、コサイン4乗則に基づき画面中心部と周辺部での光量差が大きくなりすぎる。つまり、画面の中心部と周辺部での感度差が大きくなってしまふ。一方、条件式（1）の上限を越えると、バックフォーカスが必要以上に長くなり、レンズのコンパクト化が十分に達成できない。

【0015】また、広画角になるほど、焦点距離に対するバックフォーカスの比は大きくなる。そこで、物体側に負の屈折力を有する第1成分を、像側に正の屈折力を有する第2成分を配置するいわゆるレトロフォーカスタイプのレンズ構成を採用することにより、画角が40°を越えても、条件式（1）で限定するバックフォーカスを確保することが可能となる。

【0016】一方、赤外線撮像装置で用いられる2次元撮像素子は、その表面における赤外線の反射率が数10%程度と非常に高い。このため、赤外線レンズにより一度撮像素子上に結像した光が、この撮像素子表面での反射により再び光学系を逆進し、光学系内部の各レンズ表面で反射して再度撮像素子上に結像することによりゴーストが発生する。

【0017】一般に、レトロフォーカスタイプのレンズ系を採用した場合、負の屈折力をもつ第1成分で発生する負の歪曲収差が問題となる。この歪曲収差を補正しようとする、第1レンズ第1面（最も物体側のレンズの物体側面）での反射により発生するゴーストが大きな問題となる。図2は、像面から出た軸上光束が第1レンズ第1面で反射する様子を示したものである。ここで β は

軸上のマージナルレイの反射角であり、 β が大きくなるほどゴーストの結像位置が像面から離れるためにゴーストの光量が減少する。尚、この β は次の式で表される。

【0018】

$$\beta = \arcsin (f / (2 n1 \cdot FNO \cdot r1)) .$$

【0019】条件式（2）は、第1レンズ第1面での反射により発生するゴーストの光量が問題とならない範囲を規定するものである。条件式（2）の下限を越えると、第1レンズ第1面での反射により発生するゴーストが増大し、一方、条件式（2）の上限を越えると、第1成分で発生する負の歪曲収差を適切に補正することが難しくなる。

【0020】更に、第1成分の屈折力と前記第2成分の屈折力が、以下の条件を満足することが望ましい。

【0021】

（3） $-1.3 < (\phi1/\phi2) \tan \omega < -0.25$ ただし、

$\phi1$: 第1成分の屈折力、

$\phi2$: 第2成分の屈折力、

である。

【0022】赤外線用レンズでは、一般に大口径比であることが要求される。これは、赤外線撮像素子が可視光用のものと異なり、口径比を小さくすると、撮像素子において電気信号に変換する際のS/N比が低下し画質が大幅に劣化すること、また、使用波長と口径比から決まる限界解像力が低下することなどの理由による。

【0023】条件式（3）は、第1成分と第2成分の屈折力の関係の規定であり、Fナンバーが2以上の大口径比で開口効率を高くしたまま、収差が良好に補正された高性能な赤外線用レンズを得るための範囲を示している。開口効率を極めて高くすることは画面の中心部と周辺部での光量差を小さくするのに有効であると同時に、光束規制をする玉掬から放射される赤外線による雑音を抑えることにもつながる。条件式（3）の上限を越えると、第2成分に対する第1成分の屈折力が弱すぎるために十分なバックフォーカスを確保することが困難となる。また、条件式（3）の下限を越えると、負のベッツバル和が増大し像面を良好に補正することが困難となる。

【0024】更に、第2成分中の負レンズに高分散材料を用いることにより良好な色収差補正が可能となることは言うまでもない。

【0025】また、本発明の赤外線用レンズは構成枚数が従来のものと比べて少ないのでコスト的にも有利である。

【0026】以下、本発明にかかわる赤外線用レンズの具体的な数値実施例を示す。但し、各実施例において、 ri ($i=1, 2, 3, \dots$) は物体側から数えてi番目の面の曲率半径、 di ($i=1, 2, 3, \dots$) は物体側から数えてi番目の軸上画間隔を示し、 Ni ($i=1, 2, 3, \dots$)、 vi ($i=1, 2,$

3...) は、それぞれ物体側から数えて i 番目のレンズの波長 $4 \mu\text{m}$ の赤外線に対する屈折率、アッペ数を示す。また、 f は全系の焦点距離、FNO は開放 F ナンバーを示す。

す。
【0027】

<実施例 1>

$f = 6.3$

FNO. = 2.0

曲率半径	軸上間隔	屈折率	アッペ数
r 1 29.006	d 1 4.000	N 1 3.42290	v 1 226.4
r 2 14.241	d 2 67.989		
r 3 1029.718	d 3 3.500	N 2 3.42290	v 2 226.4
r 4 -51.430	d 4 3.330		
r 5 -25.020	d 5 3.000	N 3 4.02420	v 3 103.2
r 6 -35.864	d 6 8.000		
r 7 -30.777	d 7 3.500	N 4 3.42290	v 4 226.4
r 8 -28.053	d 8 1.500		
r 9 53.954	d 9 3.000	N 5 3.42290	v 5 226.4
r 10 60.995	d 10 14.442		
r 11 ∞	d 11 2.000	N 6 3.42290	v 6 226.4
r 12 ∞	d 12 14.600		
r 13 ∞	d 13 0.400	N 7 3.42290	v 7 226.4
r 14 ∞			

<実施例 2>

$f = 6.3$

FNO. = 2.0

曲率半径	軸上間隔	屈折率	アッペ数
r 1 38.358	d 1 4.000	N 1 3.42290	v 1 226.4
r 2 21.752	d 2 74.989		
r 3 -3273.108	d 3 3.500	N 2 3.42290	v 2 226.4
r 4 -60.483	d 4 4.783		
r 5 -22.970	d 5 3.300	N 3 4.02420	v 3 103.2
r 6 -36.965	d 6 10.000		
r 7 -30.457	d 7 3.000	N 4 3.42290	v 4 226.4
r 8 -27.764	d 8 1.500		
r 9 56.533	d 9 3.000	N 5 3.42290	v 5 226.4
r 10 196.653	d 10 10.462		
r 11 ∞	d 11 2.000	N 6 3.42290	v 6 226.4
r 12 ∞	d 12 14.600		
r 13 ∞	d 13 0.400	N 7 3.42290	v 7 226.4
r 14 ∞			

<実施例 3>

$f = 4.5$

FNO. = 2.0

曲率半径	軸上間隔	屈折率	アッペ数
r 1 25.500	d 1 4.000	N 1 3.42290	v 1 226.4
r 2 18.218	d 2 4.000		
r 3 36.353	d 3 3.000	N 2 3.42290	v 2 226.4
r 4 20.475	d 4 65.000		
r 5 811.912	d 5 3.500	N 3 3.42290	v 3 226.4
r 6 -60.617	d 6 4.480		
r 7 -22.782	d 7 3.300	N 4 4.02420	v 4 103.2

(5)

特開平7-318797

7

8

r 8	-38.133	d 8	10.000				
r 9	-32.007	d 9	3.500	N 5	3.42290	∨ 5	226.4
r 10	-27.721	d 10	1.500				
r 11	46.715	d 11	3.000	N 6	3.42290	∨ 6	226.4
r 12	93.861	d 12	10.895				
r 13	∞	d 13	2.000	N 7	3.42290	∨ 7	226.4
r 14	∞	d 14	14.600				
r 15	∞	d 15	0.400	N 8	3.42290	∨ 8	226.4
r 16	∞						

<実施例 4>

f = 11.5

FNO. = 2.0

曲率半径	軸上面間隔	屈折率	アッベ数
r 1 29.411	d 1 2.500	N 1 3.42290	∨ 1 226.4
r 2 19.399	d 2 27.000		
r 3 78.812	d 3 3.000	N 2 3.42290	∨ 2 226.4
r 4 -1230.845	d 4 5.000		
r 5 -20.278	d 5 3.500	N 3 4.02420	∨ 3 103.2
r 6 -36.300	d 6 6.500		
r 7 -21.683	d 7 3.000	N 4 3.42290	∨ 4 226.4
r 8 -20.641	d 8 1.000		
r 9 4443.453	d 9 3.000	N 5 3.42290	∨ 5 226.4
r 10 -112.738	d 10 1.000		
r 11 40.089	d 11 3.000	N 6 3.42290	∨ 6 226.4
r 12 53.714	d 12 13.624		
r 13 ∞	d 13 2.000	N 7 3.42290	∨ 7 226.4
r 14 ∞	d 14 14.600		
r 15 ∞	d 15 0.400	N 8 3.42290	∨ 8 226.4
r 16 ∞			

<実施例 5>

f = 6.3

FNO. = 2.0

曲率半径	軸上面間隔	屈折率	アッベ数
r 1 38.358	d 1 4.000	N 1 3.42290	∨ 1 226.4
r 2 20.188	d 2 50.000		
r 3 219.729	d 3 3.500	N 2 3.42290	∨ 2 226.4
r 4 -65.254	d 4 4.783		
r 5 -20.619	d 5 3.300	N 3 4.02420	∨ 3 103.2
r 6 -33.998	d 6 10.000		
r 7 -32.865	d 7 3.000	N 4 3.42290	∨ 4 226.4
r 8 -27.064	d 8 1.500		
r 9 40.452	d 9 3.000	N 5 3.42290	∨ 5 226.4
r 10 81.928	d 10 11.836		
r 11 ∞	d 11 2.000	N 6 3.42290	∨ 6 226.4
r 12 ∞	d 12 8.000		
r 13 ∞	d 13 0.400	N 7 3.42290	∨ 7 226.4
r 14 ∞			

尚、波長4 μm の赤外線に対するアッペ数 $v(4)$ は、次の式で定義される分散を示す。

$$[0028] \quad v(4) = (n(4) - 1) / (n(3) - n(5))$$

ただし、

$n(4)$: 波長4 μm の赤外線に対する屈折率、

$n(3)$: 波長3 μm の赤外線に対する屈折率、

$n(5)$: 波長5 μm の赤外線に対する屈折率、

である。

[0029] 本発明の実施例にレンズ材料として用いられているシリコン (Si) 及びゲルマニウム (Ge) の各波長に対する屈折率 $n(4)$ 、 $n(3)$ 、 $n(5)$ 及びアッペ

[0030] 数 $v(4)$ を、

[表1] に示す。

[0031]

[表1]

	$n(4)$	$n(3)$	$n(5)$	$v(4)$
Si	3.4229	3.4302	3.4195	226.4
Ge	4.0242	4.0442	4.0149	103.2

[0032] 図3～図7は、実施例1～5に対応するレンズ構成図である。尚、第2成分の後方に設けられている2枚の平板は、コールドシールドのウィンドウ及び撮像素子のフェイスプレートに相当する。

[0033] 実施例1、2、5は、物体側より順に、物体側に凸の負メネスカスレンズである第1レンズよりなる第1成分と、正の第2レンズ及び物体側に凹の負メニ

*スカスレンズである第3レンズ及び物体側に凹の正メネスカスレンズである第4レンズ及び物体側に凸の正メネスカスレンズである第5レンズよりなる第2成分とから構成されている。

[0034] 実施例3は、物体側より順に、物体側に凸の負メネスカスレンズである第1レンズよりなる第1成分と、正の第2レンズ及び物体側に凹の負メネスカスレンズである第3レンズ及び物体側に凹の正メネスカスレンズである第4レンズ及び正の第5レンズ及び物体側に凸の正メネスカスレンズである第6レンズよりなる第2成分とから構成されている。

[0035] 実施例4は、物体側より順に、物体側に凸の負メネスカスレンズである第1レンズと負の第2レンズよりなる第1成分と、正の第3レンズ及び物体側に凹の負メネスカスレンズである第4レンズ及び物体側に凹の正メネスカスレンズである第5レンズ及び物体側に凸の正メネスカスレンズである第6レンズよりなる第2成分とから構成されている。

[0036] 図8～図12は実施例1～5に対応する収差図である。また、実線は波長4 μm の赤外線に対する球面収差を表し、破線 (SC) は正弦条件を表す。更に、破線 (DM) と実線 (DS) はメリディオナル面とサジタル面での非点収差をそれぞれ表す。尚、 ω は半面角を表す。

[0037] また、実施例1～5における条件式 (1)～(3) の値を

[表2] に示す。

[0038]

[表2]

条件式	(1)	(2)	(3)
パラメータ	$d / (f \cdot t \cdot a \cdot n \omega)$	$f / (n_1 \cdot f_{K0} \cdot r_1)$	$(\phi_1 / \phi_2) \cdot t \cdot a \cdot n \omega$
実施例1	7.03	0.0317	1.284
実施例2	6.11	0.0240	-0.636
実施例3	6.26	0.0258	-0.263
実施例4	6.98	0.0571	-0.265
実施例5	4.87	0.0240	-0.677

[0039]

【発明の効果】 本発明の構成によれば、負の第1成分と正の第2成分によるレトロフォーカス構成により、広両角でも十分なバックフォーカスが得られ、また、主に最も物体側のレンズの物体側面の形状の適切な規定により、レトロフォーカス構成で発生しやすいゴーストの光量が減少する。従って、両角が40°以上の広両角においても、十分なバックフォーカスを有する高性能で低価格の赤外線用レンズが提供できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 絞りの位置と軸外光線との関係を説明するための模式図。

【図2】 第1レンズ第1面でのゴースト光の反射を説明するための模式図。

【図3】 本発明の実施例1のレンズ構成図。

【図4】 本発明の実施例2のレンズ構成図。

【図5】 本発明の実施例3のレンズ構成図。

【図6】 本発明の実施例4のレンズ構成図。

【図7】 本発明の実施例5のレンズ構成図。

50 【図8】 本発明の実施例1の収差図。

11

【図9】本発明の実施例2の収差図。

【図10】本発明の実施例3の収差図。

12

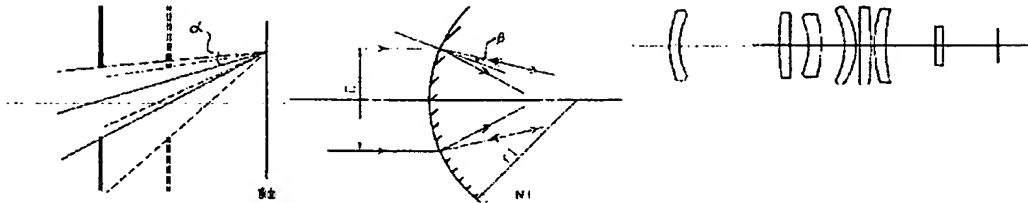
【図11】本発明の実施例4の収差図。

【図12】本発明の実施例5の収差図。

【図1】

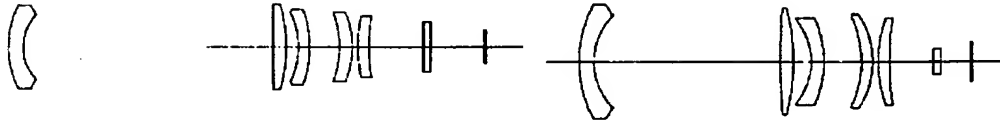
【図2】

【図6】



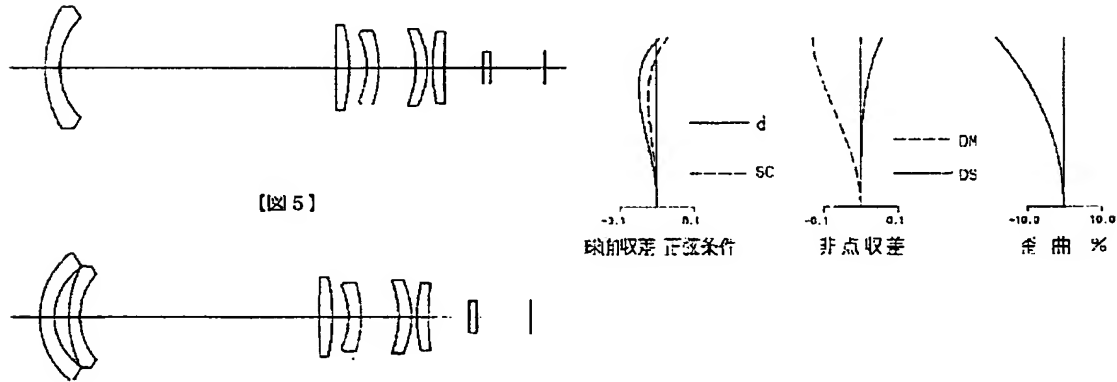
【図3】

【図7】



【図4】

【図8】



【図5】

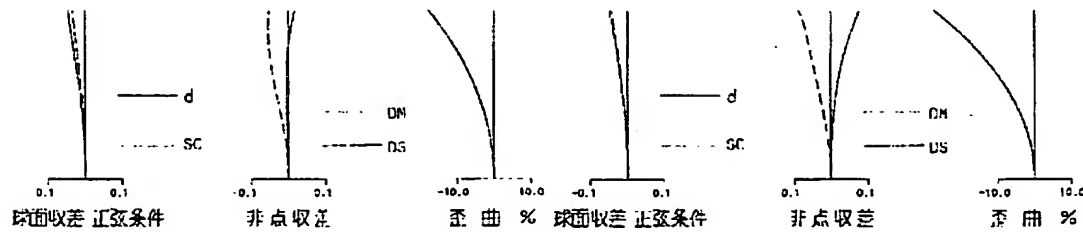
半径収差 正弦条件

非点収差

歪曲 %

【図9】

【図10】



半径収差 正弦条件

非点収差

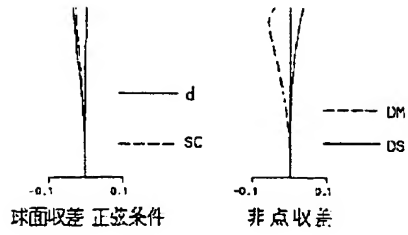
歪曲 %

球面収差 正弦条件

非点収差

歪曲 %

【図11】



【図12】

